

EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE *Aedes aegypti* (L) (DIPTERA: CULICIDAE) A UN INSECTICIDA ORGANOFOSFORADO Y UN PIRETROIDE EN CUATRO POBLACIONES DEL VALLE DEL CAUCA, MEDIANTE DOS TIPOS DE BIOENSAYOS

Edgar Iván Valderrama Eslava, Ranulfo González O., Gloria Isabel Jaramillo R.

Grupo de Investigaciones Entomológicas, Departamento de Biología, Universidad del Valle, A.A. 25360 Cali, Colombia; correos electrónicos: ivanvalderrama13@gmail.com, ranulfog@univalle.edu.co, gloriaisabeljaramillo@gmail.com

RESUMEN

El control químico continúa siendo una de las estrategias importantes en el control de *Aedes aegypti* (L) (Diptera: Culicidae), pero es necesario mantener una vigilancia periódica de la susceptibilidad de las poblaciones a los diferentes productos utilizados. En este trabajo se analizó la susceptibilidad de cuatro poblaciones de esta especie en el Valle del Cauca a un insecticida organofosforado (malation) y un piretroide (deltametrina) utilizando las técnicas de bioensayos con papeles y botellas impregnadas. Los resultados fueron comparados con los obtenidos en la cepa susceptible (Rockefeller). Las dosis diagnósticas establecidas para bioensayos con botellas fueron de 470 µg/ml para malation y 5 µg/ml para deltametrina, los cuales produjeron mortalidades mayores al 98% para las cepas de campo después de 70 minutos de exposición. Con las dosis diagnósticas (WHO) en papeles impregnados se obtuvieron mortalidades superiores al 95% en las cuatro localidades al utilizar deltametrina y mortalidades en un rango del 82 al 100% con malation. Con ambos tipos de bioensayos, las cuatro poblaciones estudiadas parecen ser susceptibles a los dos tipos de insecticidas probados, sin embargo, las comparaciones realizadas entre las dos técnicas establecen que a partir de los resultados con papeles impregnados con malation es necesario realizar una verificación para una de las poblaciones del norte de la ciudad de Cali.

Palabras clave: Bioensayos con botellas, papeles impregnados, malation, deltametrina.

SUMMARY

Chemical control continues to be one of the main control strategies for *Aedes aegypti*. However, it is necessary to maintain a periodical surveillance of the susceptibility, of its populations, to the commercial products used. The techniques of the impregnated paper and impregnated bottles were used to analyze the susceptibility of four *A. aegypti* populations from Valle del Cauca Department to one Organophosphate (malathion) and one pyrethroid (deltamethrin) insecticides. The susceptible Rockefeller strain was used as control. Diagnostic doses in the bottle bioassays were 470 µg/ml and 5 µg/ml., for malathion and deltamethrin, respectively, being lethal for 98% of the mosquitoes bioassayed after 70 min exposure. The standard WHO impregnated papers produced mortalities up to 95% in the four populations with deltamethrin and between 82 to 100% when malathion was employed. Both types of bioassays revealed that all mosquito populations are susceptible to the insecticides tested. However, according to the results obtained with the impregnated papers it would be advisable to carry out verification for those populations from the northern part of the Cali municipality.

Key words: Bottle bioassays, impregnated papers, malathion, deltamethrin

INTRODUCCIÓN

De las patologías transmitidas por artrópodos, el dengue es la enfermedad viral mas extendida en el mundo (Medina 2004). En nuestro país, los datos epidemiológicos reportados por el Sistema Nacional de Salud Pública, muestran un incremento en la tasa de incidencia de la enfermedad; desde 1978, ésta ha sido fluctuante con tendencia al incremento al presentarse 17389 casos en 1990 y 53309 en el 2003 (SIVIGILA 2002, 2004).

Aedes aegypti L. es el principal vector de esta enfermedad en las Américas y su control es posible bajo un manejo integrado (Montoya et al. 1994). Uno de los componentes de esta estrategia son los insecticidas (Ferrari 1996), por lo tanto son parte importante de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud para una estrategia global en el control del dengue. Pero una de las dificultades en su uso, es que los insectos suelen desarrollar resistencia a muchas clases de insecticidas, ya sean químicos o biológicos (Ferrari 1996). A esto, se suma el hecho de disponer solo de unas pocas clases de compuestos químicos y la pérdida de algunos de ellos podría impactar seriamente la capacidad de controlar las poblaciones de mosquitos y de otros vectores (McAllister & Brogdon 1999).

En las Américas, se han registrado casos de resistencia a Organofosforados en varias poblaciones de *Ae. aegypti* (Bisset et al. 2001, Bisset 2002, Brown 1986, Fox & García-Mola 1961, Georghiou et al. 1987, Hemingway et al. 1989, Mazzari & Georghiou 1995, Rawlins & Hing Wan 1995, Rodríguez et al. 1999, 2004). Con respecto a piretroides se han encontrado niveles de sobrevivencia moderados para cipermetrina (Rodríguez et al. 1999). Por otro lado, Rodríguez et al. (2003) obtuvo por medio de un proceso de selección generacional a partir de malation, resistencia cruzada a piretroides sobre una población de *Ae. aegypti*, siendo muy marcada hacia deltametrina, observándose del mismo modo resistencia a cipermetrina, ciflutrina y lambdacialotrina.

Para Colombia, se han reportado casos relativamente recientes de resistencia a Organofosforados. Suárez et al. (1996), detectaron resistencia al larvicida temefos en Cali (Valle del Cauca). De igual manera Quiñones et al. (2003) detectaron sobrevivencia en esta especie cuando se evaluó el regulador de crecimiento pyriproxyfen (S-31183). Posteriormente Ocampo & Wesson (2004) detectaron

altos niveles de oxidasas de función mixta (MFO) en cepas de tres localidades de Cali (Valle del Cauca), en comparación con la cepa susceptible (Rockefeller), Anaya & Cochero (2007) hallaron resistencia en poblaciones de *Ae. aegypti* en Sincelejo a temefos, DDT, propoxur, y porcentajes cercanos a resistencia en los insecticidas fenitrothion, deltametrina y lambdacialotrina.

El presente trabajo fue dirigido a conocer el estado de la susceptibilidad de cuatro poblaciones de *Ae. aegypti* del Valle del Cauca a dos insecticidas: un piretroide (deltametrina) y un organofosforado (malation) utilizando las técnicas de papeles impregnados y botellas, dos tipos de bioensayos recomendados para evaluaciones en insectos vectores de enfermedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron cuatro cepas de *Ae. aegypti*, colonizadas a partir de muestras de tres poblaciones (Sameco, Universidad del Valle y Floralia) colectadas en la ciudad de Cali (3° 27' LN 76° 31' LO y altura de 995 m.s.n.m) y otra proveniente de la localidad de San Isidro (3° 32' LN 76° 18' LO y altura de 1003 m.s.n.m) ubicada entre Cali y Palmira. Todas las pruebas se realizaron con adultos hembras. La cepa Rockefeller de *Ae. aegypti* fue utilizada como el grupo susceptible de referencia.

Las larvas obtenidas en cada localidad fueron criadas en bandejas plásticas (23 cm de ancho x 23 cm de largo y 7 cm de altura), con agua destilada y en las cuales se mantenían aproximadamente 70 larvas por recipiente. Las larvas fueron alimentadas con una pequeña cantidad de concentrado para conejo "conejina" macerado mezclado con levadura de cerveza. Las pupas producidas se trasladaron a recipientes para emergencia de adultos, las cuales fueron trasladadas a jaulas de 61 cm de ancho x 61 cm de largo x 61 cm de altura. Los adultos obtenidos, se alimentaban de sangre de un cobayo (*Cavia porcellus*) y una mezcla de agua-azúcar en torundas de algodón con un diámetro aproximado de tres centímetros. Los bioensayos fueron realizados con mosquitos hembras de 3-12 días de edad, utilizando preferiblemente las de mayor tamaño, para homogenizar los ensayos. De 24-48 horas antes de cada prueba, fueron alimentadas con sangre y agua azucarada.

Los insecticidas evaluados fueron: malation 57 EC [(S-[1,2-bis-(etoxi-carbonil)-etil]-O,O-dimetilditio

fosfato)] y deltametrina [K-othrine EC 25 ((S)-alfa-ciano-m-fenoxibenzil81R,3R)-3-(2.2 dibromo vinil) dimetil ciclopropano carboxilato)]. Ambos fueron probados mediante dos técnicas de bioensayos: botellas y papeles impregnados. Durante los bioensayos, la temperatura varió entre 26.6 °C y 27.7 °C.

Bioensayos con botellas

Esta prueba fue realizada con botellas de vidrio marca Schott-Duran GI 45 con una capacidad de 250 ml. Cada botella fue impregnada en su interior con una película uniforme de insecticida a una concentración establecida con base en preensayos. La preparación de las concentraciones se realizó según lo establecido por CDC (Centers for Disease Control) (Brogdon & McAllister 1998a, 1998b). Las pruebas iniciales fueron llevadas a cabo con mosquitos de la cepa Rockefeller de *Ae. aegypti*.

Las concentraciones utilizadas fueron 302.0 µg/botella, 470.0 µg/botella, 604.0 µg/botella para malation y 0.5 µg/botella, 1.0 µg/botella, 5.0 µg/botella, 10 µg/botella y 15 µg/botella para deltametrina. Por cada concentración se realizaron tres repeticiones. El número de mosquitos por botella varió entre 15 y 20. Se consideraron como mosquitos muertos aquellos que no podían mover las alas ni volar después de hacer suaves giros a la botella. La mortalidad se evaluó cada 10 minutos por un promedio de 70 minutos en cada repetición por prueba. El número de mosquitos en el control varió entre 15 y 20 por botella, la cual fue impregnada únicamente con acetona grado técnico.

El proceso de impregnación de las botellas se realizó según el protocolo recomendado por la CDC (Brogdon & McAllister 1998a, 1998b). Posterior a la obtención de la concentración diagnóstica con la cepa susceptible para los dos insecticidas, se realizaron ensayos con las cepas de campo donde se utilizaron cuatro botellas debidamente marcadas por bioensayo, tres de las cuales se impregnaron con un mililitro de la solución a la concentración diagnóstica estimada, para cada uno de los dos insecticidas evaluados (malation y deltametrina). La botella control se impregnó con un mililitro de acetona. La cantidad de mosquitos por botella varió entre 15 y 20 hembras.

Los resultados obtenidos en los bioensayos con botellas, fueron analizados por medio del software Polo Plus 1.0 (Robertson et al. 2003), a partir del cual se calcularon los tiempos letales (TL₉₈) por

cada insecticida y las respectivas cepas. De igual manera se tuvieron en cuenta los límites de confianza 95% (rango de tiempo que puede tomar un porcentaje de una población en morir), para saber si se presentaba sobreposición de los tiempos entre las diferentes poblaciones de campo y la cepa control. La relación tiempo-mortalidad para cada cepa e insecticida, fue graficada con la ayuda del programa Sigma Plot 7.0 (2001). De acuerdo con las recomendaciones de la WHO (WHO 1960; 1963), cuando se presentó una mortalidad en el control entre el 5-20%, se realizó una corrección de la mortalidad obtenida en las repeticiones mediante la fórmula de Abbott designada como mortalidad corregida = $[M^* - C / 100 - C] \times 100$, en donde M* es la mortalidad observada a la concentración considerada y C es la mortalidad observada en el control.

Bioensayos con papeles impregnados

Las hembras de *Ae. aegypti* seleccionadas para los bioensayos, se expusieron a papeles impregnados con deltametrina al 0.025% y malation al 5% los cuales tenían una concentración por área de 3.6 mg/cm². Los papeles utilizados como control, fueron impregnados con aceite de oliva. Las dosis de cada uno de los dos insecticidas se evaluaron a través de tres réplicas con un papel control por cada una de ellas y un número de hembras que varió entre 20-25 por réplica. Los papeles impregnados se colocaron en cilindros plásticos de exposición (kits de la OMS) durante 60 minutos, el número de mosquitos caídos postexposición fue registrado de la primera a la quinta hora con una lectura final de mortalidad a las 24 horas. A los resultados obtenidos, se les estimó el porcentaje de mortalidad para compararlo con lo recomendado por la organización mundial de la salud (WHO 1981).

RESULTADOS

Bioensayos con botellas

Determinación de la concentración diagnóstica en la cepa Rockefeller

Para el establecimiento de la concentración diagnóstica con deltametrina, el análisis de los tiempos letales (TL₉₈) con este insecticida mostró que las concentraciones de 10 y 15 µg/botella tomaban en alcanzar el órgano blanco menos de 15 minutos. Para las demás concentraciones (5.0 µg/botella y 1.0 µg/botella), los tiempos letales (TL₉₈) variaron entre 28 y 45 minutos (Figura 1). Para la concentración de 1.0 µg/botella se obtuvo un TL₉₈ de 40 minutos, sin embargo, con una

concentración de 0.5 $\mu\text{g}/\text{botella}$ no se alcanzó el 100% de mortalidad lo que podría indicar que esta concentración no es apropiada para ser escogida como concentración diagnóstica. El TL_{98} para la concentración de 5 $\mu\text{g}/\text{botella}$ fue de 30 minutos,

la cual parece ser la más adecuada, para ser tomada como la dosis diagnóstica para la evaluación de la resistencia a deltametrina en cepas de *Ae. aegypti*.

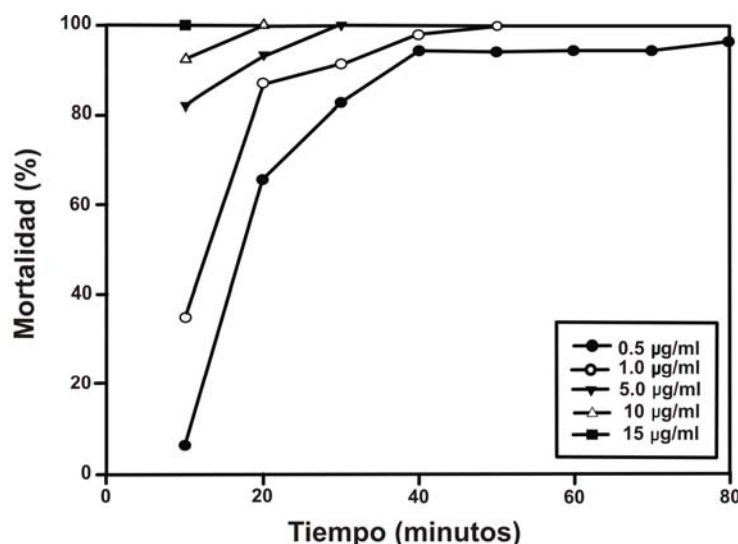


Figura 1. Porcentajes de mortalidad en el tiempo de *Aedes aegypti* (cepa Rockefeller) a partir de cinco concentraciones de deltametrina mediante el método de botellas impregnadas (Abril-2005).

De acuerdo con la literatura (Dukes et al. 2004 , RELCOV 2005), la concentración diagnóstica de malation, recomendada para la evaluación de mosquitos *Ae. aegypti* mediante bioensayos con botellas es de 474 $\mu\text{g}/\text{botella}$, por eso, esta concentración fue tomada como dosis de referencia para los cálculos subsiguientes en la cepa Rockefeller de *Ae. aegypti*. En las tres concentraciones evaluadas se presentaron TL_{98} entre 25 a 40 minutos (Figura 2). Para la concentración de 604 $\mu\text{g}/\text{botella}$, el TL_{98} estuvo por debajo de los 30 minutos, para 470 $\mu\text{g}/\text{botella}$ el TL_{98} fue de 30 minutos y para 302 $\mu\text{g}/\text{botella}$ de 40 minutos. Debido a los comportamientos de mortalidad en el tiempo presentados por los mosquitos expuestos a la concentración mas alta y la más baja, se escogió la de 470 $\mu\text{g}/\text{botella}$ como concentración diagnóstica de malation en la evaluación de las diferentes cepas propuestas.

Evaluación de cepas de campo mediante bioensayos con botellas

Con la dosis diagnóstica calculada para malation, todas las cepas de campo presentaron una mortalidad del 100% a los 40 minutos de exposición, mientras que los mosquitos de la cepa Rockefeller tardaron únicamente 28.8 minutos en alcanzar el mismo porcentaje de mortalidad (Tabla 1, Figura 3).

Para deltametrina, el tiempo letal (TL_{98}) de la cepa Rockefeller fue de 26 minutos, el de la cepa Universidad del Valle fue 38 minutos, mientras que los de las localidades de Floralia, Sameco y San Isidro fueron superiores a los 40 minutos (Tabla 2, Figura 4).

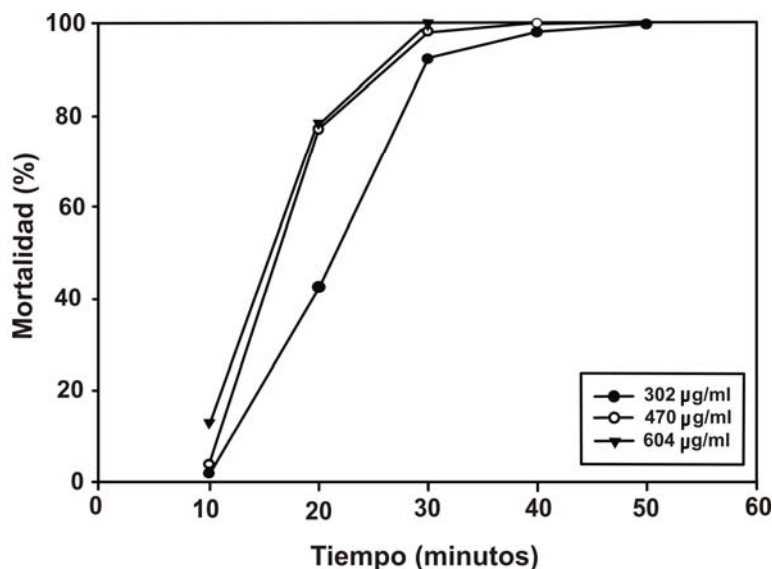


Figura 2. Porcentajes de mortalidad en el tiempo de *Aedes aegypti* (cepa Rockefeller) a partir de tres concentraciones de malation mediante el método de botellas impregnadas (Abril-2005).

Tabla 1. Tiempo letal 98.0% de cuatro poblaciones de *Ae. aegypti* y la cepa Rockefeller a partir de malation a una concentración de 470.0 µg/ml mediante el método de botellas impregnadas (Junio 2005).

Localidad	Tiempo letal (min.)	Rango (min.)	Chi 2	Grados de libertad
Universidad del Valle	44.40	31.66-150.48	3.27	2
Sameco	29.18	22.20-65.91	2.72	2
Floralia	31.85	28.10-38.11	1.13	2
San Isidro	30.29	26.83-36.61	0.31	2
Rockefeller	28.83	25.73-34.02	0.10	2

Pruebas con papeles impregnados

Con el test de evaluación de dosis diagnóstica con papeles impregnados, a las 24 horas postexposición a malation y deltametrina se obtuvo una mortalidad del 100.0% de los especímenes en la cepa Universidad del Valle, 98.1% en la de San Isidro y 93.1% en la de Floralia, mientras que en la de Sameco la mortalidad fue únicamente del 82.2% (Tabla 3) para el insecticida malation. Para deltametrina, se produjo una mortalidad del 100.0% de los especímenes en las cepas San Isidro, Floralia y Universidad del Valle, pero para

los de la cepa de Sameco fue de 95.20 % (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Al realizar una comparación entre las dos técnicas utilizadas durante este estudio, con los papeles impregnados la medición de la mortalidad observada es comparable a la obtenida con la técnica de las botellas. Sin embargo, esta última es más práctica y rápida para la evaluación de la resistencia a insecticidas en *Ae. aegypti*.

Tabla 2. Tiempo letal 98.0% de cuatro poblaciones de *Aedes aegypti* y la cepa Rockefeller. Obtenido a partir de Deltametrina a una concentración de 5.0 µg/ml, mediante el método de botellas impregnadas (Junio 2005).

Localidad	Tiempo letal (min.)	Rango (min.)	Chi ²	Grados de libertad
Universidad del Valle	38.55	31.86-50.91	13.01	34
Sameco	62.76	44.9-112.62	18.56	34
Floralia	42.50	33.44-63.29	21.39	34
San Isidro	45.47	36.81-62.48	16.83	43
Rockefeller	22.66	20.7-42.67	17.27	25

Como lo afirmaron Brogdon & McAllister (1998b), la ventaja es que no hay necesidad de alimentar los especímenes de prueba con sangre, lo cual es difícil si los ensayos se realizan en campo, toda la superficie interna de la botella, a la cual se encuentran expuestos los mosquitos, está impregnada con el insecticida y se puede medir directamente la respuesta toxicológica para una dosis dada de un insecticida sin limitar al investigador sobre la disponibilidad del insecticida grado técnico que se quiera estudiar. Por el contrario, con la técnica de los papeles impregnados, las concentraciones establecidas del insecticida no permitirían evaluar variaciones en los grados de susceptibilidad de diferentes poblaciones de una misma especie en una región determinada (Brown & Brogdon 1987). Es un método que ha sido aplicado con igual éxito para varias clases de insecticidas como Organofosforados y Organoclorados (Brogdon & McAllister 1998a, 1998b). Otro punto favorable de los ensayos con botellas es que permiten realizar pruebas con sinergistas para determinar mecanismos de resistencia presentes en la población de estudio (Cox 2002).

Aunque se está de acuerdo con las anteriores observaciones, hay que resaltar que aunque la técnica con botellas ofrece ventajas, sería conveniente reducir el tiempo en los intervalos de observación. Brogdon (2007), recomienda la lectura de datos cada 15 minutos, en este estudio la medición se realizó cada 10 minutos, con lo cual se obtuvo un seguimiento más detallado de los porcentajes de mortalidad en los ensayos. También, se estandarizó el rango de edad óptimo de los individuos de prueba, en el cual, según lo establecido por la RELCOV (Red Latinoamericana en Control de Vectores) en su protocolo del 2005, se deben uti-

lizar hembras adultas de primera generación con edades entre uno a tres días. Durante la realización de este trabajo, se utilizaron hembras de primera generación no mayores a 12 días y no menores a tres días.

Cuando se evaluó la concentración diagnóstica de malation en botellas (470 µg/botella) sobre las cepas de campo, los resultados obtenidos tienen tendencia a ser homogéneos y considerando los límites de confianza de los tiempos letales respectivos, comparados con los de la cepa de referencia (Rockefeller), se puede decir que todas las poblaciones son susceptibles. Sin embargo, cuando se realizaron las pruebas con papeles impregnados con la dosis diagnóstica de este mismo insecticida, se alcanzaron porcentajes de mortalidad a partir de los cuales se puede deducir susceptibilidad en las cepas de San Isidro y Universidad del Valle (mortalidad mayor al 98.0%), sin embargo, los porcentajes en las cepas de Floralia y Sameco estuvieron por debajo del 98.0% de mortalidad, lo cual indica que se debe realizar una verificación de los resultados en estas cepas. Los porcentajes de mortalidad obtenidos posteriormente para estas dos cepas nos permiten sugerir que pudo deberse a problemas con los papeles (deterioro en la calidad del insecticida presente en los papeles) y no a una pérdida de susceptibilidad (Brown & Brogdon 1987). Soportando dicha aseveración de susceptibilidad, en que la secretaria de Salud del Valle realizó bioensayos con papeles impregnados de malation sobre poblaciones de *Ae. aegypti* de la región del Valle del Cauca en el año 2006 y encontraron mortalidades superiores al 98%.

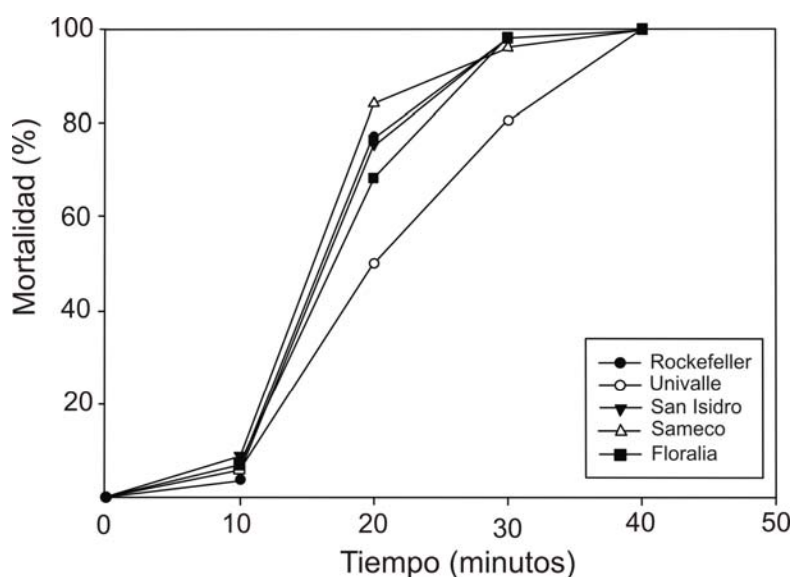


Figura 3. Porcentajes de mortalidad en el tiempo de cuatro poblaciones de *Aedes aegypti* y la cepa susceptible (Rockefeller) a partir de Malation a una concentración de 470 $\mu\text{g/ml}$, mediante el método de botellas impregnadas (Junio-2005).

Tabla 3. Porcentaje de mortalidad en el tiempo de cuatro poblaciones de *Aedes aegypti* expuestas a papeles impregnados con malation a una concentración de 5.0 por ciento (Julio-2005).

Localidad	N	Porcentajes de Mortalidad						Mortalidad corregida 24 horas
		1 hora	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas	24 horas	
Floralia	64	40.6	75.0	79.6	82.8	87.5	93.7	93.1
Universidad del Valle	60	91.6	98.3	98.3	98.3	100.0	100.0	100.0
San Isidro	60	46.6	90.0	98.3	98.3	98.3	98.3	98.1
Sameco	64	9.3	53.1	62.5	68.7	68.7	82.2	82.2

Porcentajes de mortalidad en los controles a las 24 horas.

Floralia 7.6, Universidad del Valle 2.2, San Isidro 9.3, Sameco 4.7.

De igual forma los resultados reportados por esta secretaría con la técnica de botellas para este mismo insecticida mostró que las mortalidades estuvieron entre un 93 a 100% lo cual ratifica la susceptibilidad de las poblaciones (O. Vásquez, com. pers.).

A pesar que se ha tratado de inducir resistencia a malation en cepas de campo y laboratorio de *Ae. aegypti*, parece ser que esta especie presenta un mecanismo que impide el desarrollo de la misma (Rodríguez et al. 2003). Estos resultados concuerdan con lo encontrado en este trabajo, en el cual,

las cepas de *Ae. aegypti* evaluadas, no presentaron niveles significativos de resistencia a malation. Otra posible razón por la cual las cepas de *Ae. aegypti* de Cali continúan presentando susceptibilidad a los Organofosforados es porque después de los reportes de resistencia del año 1996 para dos poblaciones de la ciudad de Cali a themefos (Suarez et al.1996), se suspendió la utilización de este insecticida en el control de larvas de mosquitos y a partir de este año, la secretaría de salud implementó el uso de *Bacillus thuringiensis israeliensis* (B.t.i) en formulación granulada para el control de larvas de *Ae. aegypti*. Adicionalmente, desde el

año 2003 hasta la fecha, se ha utilizado triflumuron (Starycide®) y malation (UVL) como adulticida (C. A. Morales, com. pers.). Por otro lado, Prieto et al. (2002) reportó que cepas de *Ae. aegypti* de la ciudad de Cali, que habían mostrado resistencia a themefos volvieron a ser suscepti-

bles. Esto soporta el hecho de que probablemente las rotaciones de insecticidas llevadas a cabo por la Secretaría de Salud han sido efectivas para mantener la susceptibilidad de esta cepa de *Ae. aegypti*.

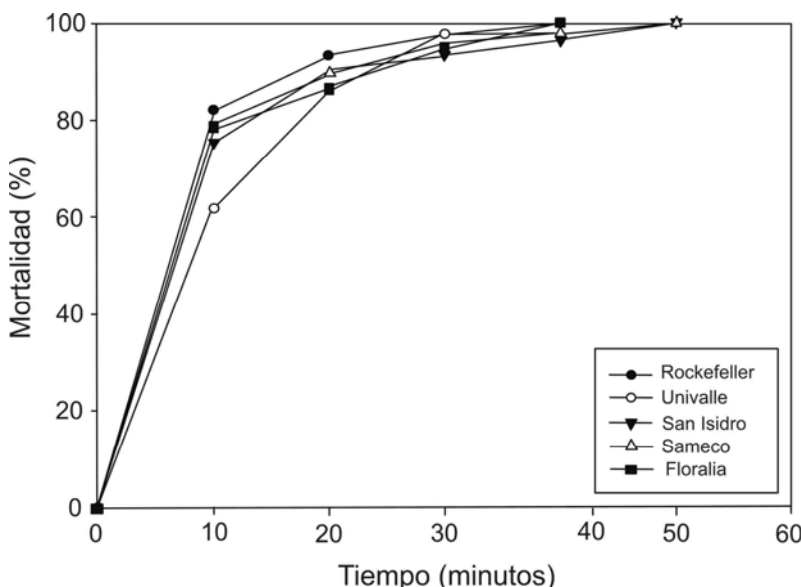


Figura 4. Porcentajes de mortalidad en el tiempo de cuatro poblaciones de *Aedes aegypti* y la cepa susceptible (Rockefeller) a partir de deltametrina a una concentración de 5.0 µg/ml, mediante el método de botellas impregnadas (Junio-2005).

Para deltametrina, Brogdon (2007) recomendó la utilización de la técnica de botellas para la evaluación de *Anopheles* spp. de Sur América a una concentración de 25.0 µg/ml. Sin embargo, en la evaluación de la cepa Rockefeller y las cuatro cepas de estudio, se observó que esta concentración era mas baja que la recomendada para especies de *Anopheles*. La selección de la concentración diagnóstica para este insecticida, se hizo considerando posibles falsas observaciones de resistencia por problemas de dosis bajas, del mismo modo, se evitó la utilización de una concentración muy alta (Brogdon 2007) por esta razón, para efectos de comparación de las cepas se descarta las concentraciones de 0.5 y 1.0, 10 y 15 µg/botella y se escogió la de 5 µg/botella. Con esta dosis, y de acuerdo con los intervalos de tiempo letal observados, aunque las cuatro poblaciones evaluadas presentaron tiempos de mortalidad mayores a los de la cepa control no hay diferencia significativa de estas con respecto a la cepa Rockefeller, lo cual indica que son susceptibles a deltametrina (Tabla

2), el mayor tiempo letal observado en la cepa de Sameco puede ser indicativo de una resistencia incipiente.

Esta puede deberse a la presencia de resistencia cruzada, ya que bajo condiciones controladas de laboratorio, cepas tratadas con malation durante varias generaciones, pueden presentar resistencia a piretroides, principalmente a deltametrina (Bisset et al. 1998). Por otro lado, Ocampo (2002) ha detectado niveles más altos de oxidasas de función mixta en tres localidades de Cali en comparación con la cepa susceptible, enzimas que han sido asociadas primariamente con resistencia a piretroides, organoclorados y reguladores de crecimiento.

En el caso del ensayo de papeles impregnados con deltametrina, la Secretaría de Salud ha realizado bioensayos en varias poblaciones de la región, obteniendo mortalidades superiores al 98%.

Tabla 4. Porcentaje de mortalidad en el tiempo de cuatro poblaciones de *Aedes aegypti* expuestas a papeles impregnados con deltametrina a una concentración de 0.05 por ciento (Junio-2005).

Localidad	N	Mortalidad en porcentajes						Mortalidad corregida 24 horas
		1 horas	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas	24 horas	
Floralia	68	91.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Universidad del Valle	68	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	100.0	100.0
San Isidro	66	98.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Sameco	67	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	95.5	95.2

Porcentajes de mortalidad en los controles a las 24 horas.

Floralia 5.8, Universidad del Valle 2.2, San Isidro 3.1, Sameco 5.4.

Estos resultados soportan lo encontrado durante este estudio, en el cual las cepas de la Universidad del Valle, San Isidro y Floralia presentaron una mortalidad del 100.0%. Sin embargo, la cepa Sameco presentó una mortalidad del 95%, lo cual, al igual que con la técnica de botellas, evidencia una pérdida en la susceptibilidad a deltametrina. Sin embargo, los resultados con papeles impregnados, muestran una mortalidad dentro del rango aceptable para susceptibilidad. Esto puede ser indicador de deficiencia en la técnica de los papeles al no permitir evaluar pequeños cambios en la susceptibilidad de una población, cambios que son importantes para tomar medidas preventivas antes del desarrollo de una resistencia difícil de manejar.

CONCLUSIONES

Si bien, los dos tipos de bioensayos mostraron ser válidos para detectar que las poblaciones de *Ae. aegypti* de las cepas Floralia, Sameco, Universi-

dad del Valle y San Isidro son susceptibles a malation y deltametrina, los problemas técnicos detectados en el uso de los papeles impregnados, permiten recomendar el uso de técnica con botellas. Además esta técnica, propuesta por el CDC, resulta ser mas sensible y permitió detectar pequeños cambios de susceptibilidad como fue el caso de la cepa Sameco y no limita al investigador con respecto a la disponibilidad de insecticidas grado técnico que se quieran utilizar, ya que esta metodología permite obtener la concentración deseada por medio de diluciones. Finalmente, esta técnica es de fácil uso, es más rápida y práctica que los papeles impregnados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue llevado a cabo gracias a la colaboración del Grupo de Investigaciones Entomológicas de la Universidad del Valle.

LITERATURA CITADA

- Anaya, Y. & S. Cochero. 2007. Evaluación de la susceptibilidad a insecticidas en *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) capturados en Sincelejo, Colombia. XXXIV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cartagena de Indias.
- Bisset, J., S. Blanco, I. Braga, H. Coto, H. Masuh, A. Moncayo, M. Nathan, P. Orellano, J. Vazquez-Cangas & E. Zebra. 2005. Protocolo para determinar la susceptibilidad o resistencia a insecticidas de mosquitos de la especie *Aedes aegypti*. Available from the Latin American Network for Vector Control (RELCOV), Fundación Mundo Sano, Buenos Aires, Argentina. <http://www.mundosano.org/publicaciones/publicaciones3.php> (consultada 09/29/2008).
- Bisset, J. A. 2002. Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia. Revista Cubana de Medicina Tropical, 54(3):202-219.
- Bisset, J. A., M. M. Rodríguez, D. Molina, C. Díaz & A. Soca. 2001. Esterasas elevadas como mecanismo de resistencia a insecticidas Organofosforados en cepas de *Aedes aegypti*. Revista Cubana de Medicina Tropical, 53(1):37-43.

- Bisset, J. A., M. M. Rodríguez & A. Soca. 1998. Cross-resistance to Malathion in Cuba *Culex quinquefasciatus* induced by larval selection by Deltamethrin. *Journal of the American Mosquito Control association*, 12:109-112.
- Brogdon, W. G. 2007. Chapter 4.3.3. CDC Bottle Bioassays, Pp. 1-8. en: *Methods in Anopheles Research*. (Staff MR4, eds). CDC, Atlanta USA.
- Brogdon, W. G. & J. C. McAllister. 1998a. Insecticide resistance and vector control. *Emerging infectious diseases*, 4 (4):605-613.
- Brogdon, W. G. & J. C. McAllister. 1998b. Simplification of adult mosquito bioassays through use of time-mortality determinations in glass bottles. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 14 (2):159-164.
- Brown, A. W. 1986. Insecticide resistance in mosquitoes: A pragmatic review. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 2 (2):123-140.
- Brown, T. M. & W. G. Brogdon. 1987. Improved detection of insecticide resistance through conventional and molecular techniques. *Annual Review of Entomology*, 32:145-162.
- Cox, C. 2002. Insecticide synergist factsheet Piperonyl Butoxide. *Journal of Pesticide Reform*, 22(2):12-20.
- Dukes, J., M. Greer & J. Peterson. 2004. Procedure calculating time-mortality curves by the bottle bioassay. <http://www.pherec.org/bottleassay/procedure.html> (consulta 11/12/2007).
- Fox, I. & I. García-Mola. 1961. Multi-resistant *Aedes aegypti* in Puerto Rico and Virgin Islands. *Science*, 233: 646.
- Ferrari, J. A. 1996. Insecticide resistance. Pp. 512-529, en: *The Biology of Disease Vectors* (B. J. Beaty & W. C. Marquardt, eds) Boulder: University Press of Colorado.
- Georghiou, G. P., M. Wirth, H. Tran, F. Saum & A. B. Knudsen. 1987. Potential for organophosphate resistance in *Aedes aegypti* in Caribbean area and neighbouring countries. *Journal of Medical Entomology*, 24:290-294.
- Hemingway, J., R.G. Boddington & J. Harris. 1989. Mechanisms of insecticide resistance in *Aedes aegypti* (L) (Diptera: Culicidae) from Puerto Rico. *Bulletin Entomological Research*, 79:123-130.
- Matsumura, F. 1975. *Toxicology of insecticides*. First edition. New York. Plenum Press.
- Mazzari, M. B. & G. P. Georghiou. 1995. Characterization of resistance to organophosphate, carbamate and pyrethroid insecticides in field populations of *Aedes aegypti* from Venezuela. *Journal of the American Mosquitoes Control Association*, 11: 315-322.
- McAllister, J. C & W. G. Brogdon. 1999. The bioassays for measuring resistance. *Wing Beats of Florida Mosquito Control*, 10:18-21.
- Medina, A. M. 2004. Pobreza y enfermedades reemergentes en América Latina. *Crisis sanitaria continental. Revista Latinoamericana de Salud y Saneamiento Ambiental*, 3:33-36.
- Montoya, J., R. González, G. Palma, Y. Solarte & V. Olano. 1994. Malaria. Pp. 163-1212, en: *Manual de Entomología Medica para Investigadores de América Latina*. (B. Travi & J. Montoya, eds.) Cartopel S.A., Colombia.
- Ocampo, C. 2002. *Aedes aegypti* and dengue transmisión in Cali, Colombia: Insecticida resistance, vector competente and population genetics. Tesis de Doctorado. Cali, Colombia.
- Ocampo, C. & D. Wesson. 2004. Population dynamics of *Aedes aegypti* from a dengue hyperendemic urban setting in Colombia. *The American Journal Tropical Medical Hygiene*, 71(4):506-513.
- Prieto, A. V., M. F. Suárez & R. González. 2002. Susceptibilidad de dos poblaciones de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) de Cali (Valle, Colombia) a temefos (Abate) y triflumuron (Starycide). *Revista Colombiana de Entomología*, 28(2):175-178.
- Quiñones, M. L., W. Rojas, M. I. Amud, D. A. Calle, F. Ruiz & G. Rua. 2003. Evaluación de la susceptibilidad de *Anopheles darlingi* a lambda cyhalothrina (ICON) en una zona de alta transmisión malarica en el departamento de Antioquia (Colombia). *Revista Icosan*, 2:6-11.
- Rawlins, S. C & J.O. Hing Wan. 1995. Resistance in some Caribbean populations of *Aedes aegypti* to several insecticides. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 11:59-65.
- Rodríguez, M. M., J. A. Bisset, D. Fernández & O. Pérez. 2004. Resistencia a insecticidas en larvas y adultos de *Aedes aegypti*: Prevalencia de la esterasa A4 asociada con la resistencia a temefos. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 56(1):54-60.
- Rodríguez, M. M., J. A. Bisset, C. Díaz & L. A. Soca. 2003. Resistencia cruzada a piretroides en *Aedes aegypti* de Cuba inducido por la selección con el insecticida organofosforado malation. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 55(2):105-111.

- Rodríguez, M. M., J. A. Bisset, L. H. Mila, E. Calvo, C. Díaz & L. A. Soca. 1999. Niveles de resistencia a insecticidas y sus mecanismos en una cepa de *Aedes aegypti* de Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 51(2):83-88.
- Robertson, J. L., H. K. Preiler & R. M. Russell. 2003. PoloPlus: probit and logit analysis users guide. LeOra Software, Berkeley, CA.
- Saume, F. 1992. Introducción a la química y toxicología de insecticidas. 1ª ed. Maracay, Industria Grafica Integral.
- Sigma Plot 7.0. 2001. Version 7.0 for Windows. SPSS Inc.
- Sivigila. 2004. Situación epidemiológica de las enfermedades transmitidas por vectores 2003-2004. *Boletín Epidemiológico* No 8. Ministerio de Salud de Colombia, 1-14.
- Sivigila. 2002. Comportamiento por regiones del dengue en el 2001. *Boletín Epidemiológico* No. 02. Ministerio de Salud de Colombia, 1-4.
- Suárez, M. F., R. González & R. Morales. 1996. Temephos resistance to *Aedes aegypti* in Cali, Colombia. 45th Annual meeting of the American Society of Tropical Medicine and Hygiene, Baltimore, Maryland. Supplement to the American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 55(2):257.
- WHO (World Health Organization). 1981. Instructions for determining the susceptibility or resistance of adult mosquitoes to organochlorine, organophosphorous and carbamate insecticides. Unpublished document. WHO/ VBC. 81.806.
- WHO (World Health Organization). 1963. Criteria and meaning of tests for determining susceptibility or resistance of insects to insecticides. Technical Report Series, 443.
- WHO (World Health Organization). 1960. Insecticide resistance and vector control. Tenth report of the expert committee on insecticides. Technical Report Series, 191:1-98.